

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : **2 827 409**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **01 09184**

(51) Int Cl⁷ : G 06 T 9/40

(12)

BREVET D'INVENTION

B1

(54) PROCÉDE DE CODAGE D'UNE IMAGE PAR ONDELETTES PERMETTANT UNE TRANSMISSION ADAPTATIVE DE COEFFICIENTS D'ONDELETTES, SIGNAL SYSTEME ET DISPOSITIFS CORRESPONDANTS.

(22) Date de dépôt : 10.07.01.

(30) Priorité :

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *FRANCE TELECOM Société anonyme — FR.*

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 17.01.03 Bulletin 03/03.

(45) Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 15.10.04 Bulletin 04/42.

(72) Inventeur(s) : GIOIA PATRICK.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

(73) Titulaire(s) :

Se reporter à la fin du présent fascicule

(74) Mandataire(s) : CABINET PATRICE VIDON.

FR 2 827 409 - B1



Procédé de codage d'une image par ondelettes permettant une transmission adaptative de coefficients d'ondelettes, signal, système et dispositifs correspondants.

5 Le domaine de l'invention est celui du codage d'images ou d'éléments d'images. Plus précisément, l'invention concerne la représentation et le codage de maillages, ou de textures, associés à des objets d'une scène graphique mettant en œuvre une méthode dite "à ondelettes".

10 L'invention trouve des applications dans tous les domaines où il est souhaitable d'optimiser le stockage et/ou la transmission d'images. L'invention s'applique notamment, mais non exclusivement, au stockage et à la transmission de modèles tridimensionnels, de grilles d'élévation, et d'images et de textures codées par maillages bidimensionnels.

15 On rappelle que les méthodes de codage dites "à ondelettes" permettent de représenter un maillage comme une succession de détails ajoutés à un maillage de base. La théorie générale de cette technique est notamment décrite dans l'article de M. Lounsbery, T. DeRose et J. Warren, "Multiresolution Analysis for Surfaces of Arbitrary Topological Type" (ACM Transaction on Graphics, Vol. 16, No.1, pp. 34-73, Janvier 1997).

20 Le principe général de cette technique consiste à développer un homéomorphisme entre un objet à coder (tel qu'un maillage 3D par exemple) et un maillage simple (plus généralement appelé "maillage de base") dans une base de fonctions particulières, appelées ondelettes de deuxième génération.

25 Selon cette technique, un maillage est donc représenté par une suite de coefficients qui correspondent aux coordonnées dans une base d'ondelettes d'une paramétrisation dudit maillage par un polyèdre simple.

Ainsi, un objet codé selon une telle technique se présente comme l'union des deux éléments suivants :

- le maillage de base, qui comporte généralement peu de facettes, et représente une version grossière de l'objet à coder ;

- les coefficients d'ondelettes, qui sont des triplets de réels affectés simultanément à une zone précise du maillage de base et à un niveau de subdivision donné de ce maillage. Ces coefficients d'ondelettes représentent les raffinements à apporter à la zone à laquelle ils sont associés pour converger vers la géométrie de l'objet initial.

Pour pouvoir reconstruire une représentation de l'objet codé sur un terminal de visualisation, il est nécessaire de transmettre à ce dernier, d'une part le maillage de base, et d'autre part les coefficients d'ondelettes associés. Dans ce dessein, il faut déterminer une méthode de codage efficace des coefficients d'ondelettes, en vue de leur compression et de leur transmission, par exemple par l'intermédiaire de réseaux de communication, vers le terminal de visualisation, éventuellement distant.

A ce jour, c'est la technique de codage dite de "zero-trees" qui permet d'atteindre les meilleurs résultats en termes de compression des coefficients d'ondelettes à transmettre. Une telle technique consiste à décrire un ordre de codage des coefficients d'ondelettes, qui est prédéterminée et connue à l'avance des terminaux émetteur et récepteur (par exemple d'un serveur et d'un terminal de visualisation client). Une telle technique permet donc, lors de la transmission de coefficients d'ondelettes, d'éviter de transmettre des informations relatives aux plages de coefficients non-significatifs pour le codage de l'objet considéré.

De tels codages par "zero-trees" sont généralement couplés à un codage "par plan de bits", qui permet, lors de la transmission des coefficients, de transmettre les bits les plus significatifs de chaque coefficient en premier.

Pour une description plus détaillée des techniques par "zero-trees", on pourra se référer aux articles de Jérôme M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients" (IEEE Trans. Sig. Proc. 41(12), Dec.1993) et de A. Said, W. A. Pearlman, "A New, Fast, and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees" (IEEE Trans. Circ. Système. For Video Tech., 6(3), Juin 1996).

Ces techniques, initialement développées pour le codage d'images bidimensionnelles, ont récemment été appliquées aux coefficients d'ondelettes de deuxième génération, ainsi que décrit dans les publications "Progressive Geometry Compression" (SIGGRAPH 2000 proceedings) par A. Khodakovsky, P. Schröder et W. Sweldens, et "Hierarchical Coding of 3D Models with Subdivision Surfaces" (IEEE ICIP 2000 Proceedings) par F. Moran et N. Garcia.

Dans ces deux dernières références, les techniques de codage reposent sur l'adoption arbitraire d'une hiérarchie entre les coefficients d'ondelettes à transmettre, permettant de déterminer leur ordre de transmission vers un terminal de visualisation ou de stockage distant. Cet ordre, connu du terminal récepteur, permet à ce dernier de reconstruire l'ensemble de l'image ou de l'objet transmis.

Un inconvénient de ces techniques de l'art antérieur est que le serveur en charge de la transmission des coefficients d'ondelettes vers un terminal de visualisation ne peut pas effectuer de sélection des coefficients qu'il souhaite envoyer, et transmet donc systématiquement l'ensemble des coefficients au terminal client.

Or, il est fréquent que le client n'ait besoin de recevoir que les raffinements associés à une portion du maillage de base. Par exemple, lors d'une visite virtuelle de musée, un client peut souhaiter, dans un premier temps, observer une vue d'ensemble d'une sculpture, puis ne visualiser qu'un détail de son visage. Seuls les coefficients d'ondelettes correspondant aux raffinements du maillage de base sur cette portion du visage lui sont donc nécessaires.

En utilisant les techniques de l'art antérieur, il est impossible au serveur d'effectuer une sélection des coefficients inutiles et de n'envoyer que la portion de codage correspondant à la zone que le client souhaite visualiser.

Un inconvénient de ces techniques de l'art antérieur est donc que le client reçoit tous les coefficients d'ondelettes, y compris ceux correspondant au codage de portions de l'objet qu'il ne souhaite pas visualiser, et dont il n'a donc pas besoin.

Le réseau de communication utilisé pour la transmission des coefficients d'ondelettes est donc inutilement surchargé, et le débit de transmission des coefficients utiles diminue en conséquence.

De plus, dans le cas où le terminal de visualisation présente des capacités
5 de traitement faibles, la reconstruction d'une représentation de l'objet à partir de l'ensemble des coefficients d'ondelettes est longue, ce qui est source de désagrément pour le client.

Un autre inconvénient de ces techniques de l'art antérieur est donc que, si le client souhaite procéder à un décodage adaptatif de l'image, de manière à ne
10 visualiser que les portions de l'objet qui l'intéressent, il doit effectuer lui-même un tri des coefficients d'ondelettes transmis. Le client doit donc décoder l'ensemble du flux de données transmis par le serveur, ou provenant d'un support de données, puis juger de la pertinence des coefficients d'ondelettes ainsi décodés, en fonction de la portion du maillage à laquelle ils sont associés.

15 En conséquence, un inconvénient de ces techniques de l'art antérieur est que, pour réaliser un décodage adaptatif de l'image, le client doit disposer d'un terminal de visualisation présentant des capacités de traitement suffisantes pour effectuer les opérations de décodage du flux global, sélection des coefficients pertinents, et reconstruction de l'image à partir des coefficients ainsi sélectionnés.

20 En d'autres termes, un inconvénient de ces techniques de l'art antérieur est qu'il est impossible, pour un client disposant d'un terminal de visualisation présentant des capacités de traitement réduites, de réaliser un décodage adaptatif de l'image.

25 L'invention a notamment pour objectif de pallier ces inconvénients de l'art antérieur.

Plus précisément, un objectif de l'invention est de mettre en œuvre une technique de codage d'un objet par ondelettes, permettant à un terminal de visualisation de réaliser un décodage adaptatif de l'objet.

Un autre objectif de l'invention est de fournir une technique de codage
30 d'un objet par ondelettes, permettant à un serveur de sélectionner certains

coefficients d'ondelettes, et de transmettre les coefficients sélectionnés, en fonction d'une zone du maillage de base à laquelle ils sont associés. Notamment, un objectif de l'invention est de permettre à un serveur de ne transmettre que certains coefficients d'ondelettes, en fonction d'une requête d'un client.

5 L'invention a encore pour objectif de mettre en œuvre une technique de codage de maillages représentatifs d'objets ou de scènes 3D, permettant une reconstruction adaptative d'un maillage au sein d'un terminal de visualisation.

Un autre objectif de l'invention est de fournir une technique de codage d'un objet par ondelettes qui soit adaptée aux terminaux de visualisation présentant de
10 faibles capacités de traitement.

L'invention a également pour objectif, bien sûr, de fournir une technique de reconstruction et de transmission à travers un réseau de communication d'un objet codé selon ce procédé de codage. Notamment, au cours d'une telle transmission, un objectif de l'invention est de ne pas surcharger inutilement les
15 réseaux de communication.

Encore un objectif de l'invention est de mettre en œuvre une technique de codage d'un objet par ondelettes qui soit adaptée à une transmission via un réseau de communication à débit limité.

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints à
20 l'aide d'un procédé de codage d'une image associée à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit maillage de base, ledit procédé délivrant un flux de données global permettant de reconstruire ladite image.

25 Selon l'invention, lesdits coefficients d'ondelettes sont partitionnés en au moins deux sous-ensembles disjoints subissant chacun un codage indépendant, et ledit procédé insère, dans ledit flux de données global, des données de localisation permettant de repérer des coefficients d'ondelettes relatifs à une portion de ladite image dans ledit flux de données global, de façon à permettre une reconstruction

sélective de ladite portion à l'aide des coefficients d'au moins un desdits sous-ensembles.

Ainsi, l'invention repose sur une approche tout à fait nouvelle et inventive du codage d'un objet par ondelettes et de la mise en forme des données ainsi
5 codées au sein d'un flux de données global.

En effet, l'invention repose notamment sur la génération d'un flux de données global, au sein duquel on peut aisément repérer les coefficients d'ondelettes, en fonction de la portion de l'image ou de l'objet à laquelle ils sont associés. Ceci est notamment permis, dans le cadre de l'invention, par l'insertion
10 de données de localisation au sein du flux de données, de façon à permettre une visualisation adaptative de l'objet codé par un terminal client.

Avantageusement, chacun desdits sous-ensembles disjoints est une facette de base.

Ainsi, on peut aisément repérer, au sein du flux de données global, les
15 coefficients d'ondelettes associés à chacune des facettes de base, grâce à la présence dans le flux de données de localisation. On peut ainsi sélectivement reconstruire une portion d'une image, à partir des coefficients d'ondelettes associés à la ou aux facettes de la portion considérée.

Préférentiellement, ledit codage met en œuvre les étapes suivantes :

- 20 - détection d'au moins une partie non significative ;
- traitement spécifique de chacune desdites parties non-significatives.

En effet, un codage des sous-ensembles de coefficients d'ondelettes (c'est-à-dire une transformation de ces coefficients en une suite binaire) tenant compte des parties non-significatives permet d'atteindre un meilleur taux de compression
25 de ces coefficients, en vue de leur transmission.

De manière préférentielle, ledit codage met en œuvre une technique de type "zero-tree".

En effet, la technique "zero-tree" est à ce jour la technique permettant d'atteindre les meilleurs résultats de compression. On peut bien sûr également

envisager d'utiliser toute autre technique de codage des coefficients d'ondelettes au sein du flux de données global, adaptée à la mise en œuvre de l'invention.

5 Selon une première variante de l'invention, ledit flux de données global comprend un en-tête, comprenant au moins certaines desdites données de localisation, et une zone de coefficients d'ondelettes, comprenant une sous-zone identifiée par lesdites données de localisation pour chacun desdits sous-ensembles disjoints.

10 Ainsi, si la liste des coefficients d'ondelettes a été partitionnée en N sous-ensembles, correspondant chacun à une portion de l'image, la zone de coefficients d'ondelettes du flux de données global comprend N sous-zones, identifiables, au sein du flux, à l'aide des données de localisation.

On notera ici que les données de localisation permettant d'identifier une sous-zone du flux peuvent être comprises dans l'en-tête et/ou dans toute autre partie du flux de données.

15 Avantageusement, lesdites données de localisation contenues dans ledit en-tête identifient une sous-zone, en définissant une distance entre la position d'un élément repère et le début de ladite sous-zone dans ledit flux.

20 Un tel élément repère peut être par exemple le début ou la fin de l'en-tête, ou tout autre élément dont on peut aisément connaître la position dans le flux. La distance peut être par exemple exprimée en nombre de bits.

De manière avantageuse, ledit en-tête comprend en outre au moins certaines des informations appartenant au groupe comprenant :

- le nombre de facettes de base ;
- le type d'ondelettes ;
- 25 - des informations relatives à ladite image ;
- des informations relatives au codage desdites données de localisation.

Ces informations peuvent être exploitées par un terminal de visualisation pour reconstruire, à partir du flux, une représentation d'une portion, ou de la totalité, de l'image.

Selon une deuxième variante de l'invention, ledit flux de données global comprend au moins une zone de coefficients d'ondelettes, comprenant une sous-zone identifiée par lesdites données de localisation pour chacun desdits sous-ensembles disjoints, lesdites données de localisation comprenant au moins un
5 marqueur au début et/ou à la fin de chacune des sous-zones.

Ainsi, les données de localisation sont réparties dans l'ensemble du flux de données global, et non regroupées dans un en-tête, comme précédemment.

Préférentiellement, lesdites sous-zones sont organisées dans ledit flux par ordre de facette de base croissant.

10 Ainsi, lorsque chacune des facettes de base subit un codage (par exemple de type "zero-tree") indépendant, on prévoit d'ordonner les sous-zones au sein du flux en fonction du numéro de la facette de base à laquelle elles sont associées, par exemple par ordre croissant.

L'invention concerne également un procédé de transmission d'un flux de
15 données, entre, d'une part, au moins un serveur et/ou au moins un support de données, et, d'autre part, au moins un terminal de visualisation, ledit flux de données permettant de reconstruire une image associée d'une part à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et d'autre part à des coefficients
20 dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit maillage de base.

Selon l'invention, un tel procédé de transmission comprend :

- une étape de réception d'une requête définissant une portion de ladite image à visualiser ;
- une étape d'analyse de données de localisation présentes dans ledit flux, en
25 fonction de ladite requête, permettant d'identifier des coefficients d'ondelettes relatifs à ladite portion dans ledit flux de données ;
- une étape d'extraction desdits coefficients d'ondelettes identifiés pour former un flux de données réduit ;
- une étape de transmission dudit flux de données réduit.

Ainsi, un serveur, sur réception d'une requête d'un client relative à une portion de l'image, peut sélectionner, au sein du flux de données global, le ou les sous-ensembles de coefficients associés à la portion de l'image considérée. Il peut alors construire un flux réduit, à partir des coefficients du ou des sous-ensembles concernés, et le transmettre au terminal de visualisation du client.

L'invention concerne encore un signal représentatif d'une image associée à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit maillage de base, comprenant au moins une zone de coefficients d'ondelettes et au moins une zone de localisation, comprenant des données de localisation permettant de repérer des coefficients d'ondelettes relatifs à une portion de ladite image dans ledit signal.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, lesdits coefficients d'ondelettes étant partitionnés en au moins deux sous-ensembles disjoints subissant chacun un codage indépendant, un tel signal comprend un en-tête, comprenant au moins certaines desdites données de localisation, et une zone de coefficients d'ondelettes, comprenant une sous-zone identifiée par lesdites données de localisation pour chacun desdits sous-ensembles.

Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, lesdits coefficients d'ondelettes étant partitionnés en au moins deux sous-ensembles disjoints subissant chacun un codage indépendant, un tel signal comprend au moins une zone de coefficients d'ondelettes, comprenant une sous-zone identifiée par lesdites données de localisation pour chacun desdits sous-ensembles, lesdites données de localisation comprenant au moins un marqueur au début et/ou à la fin de chacune des sous-zones.

L'invention concerne aussi un support de données destiné à stocker au moins une image codée selon le procédé décrit précédemment.

L'invention concerne encore un système de transmission d'un flux de données, entre, d'une part, au moins un serveur et/ou au moins un support de données, et, d'autre part, au moins un terminal de visualisation, ledit flux de

données permettant de reconstruire une image associée d'une part à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et d'autre part à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit maillage de base.

- 5 Selon l'invention, un tel système comprend :
- des moyens de réception d'une requête définissant une portion de ladite image à visualiser ;
 - des moyens d'analyse de données de localisation présentes dans ledit flux, en fonction de ladite requête, permettant d'identifier des coefficients d'ondelettes relatifs à ladite portion dans ledit flux de données ;
 - 10 - des moyens d'extraction desdits coefficients d'ondelettes identifiés pour former un flux de données réduit ;
 - des moyens de transmission dudit flux de données réduit.

L'invention concerne encore un terminal de visualisation d'une image associée à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit maillage de base, comprenant des moyens de réception d'un flux de données global permettant de reconstruire ladite image, comprenant en outre des moyens de formulation d'une requête définissant une portion de ladite image à visualiser à destination d'un serveur et/ou d'un support de données, et des moyens de reconstruction de ladite portion à partir d'un flux de données réduit, comprenant des coefficients d'ondelettes relatifs à ladite portion, reçu dudit serveur et/ou dudit support de données.

Un tel terminal diffère donc fortement des terminaux de visualisation de l'art antérieur. En effet, il peut envoyer une requête vers un serveur, identifiant la ou les portion(s) de l'image que le client souhaite visualiser, et reconstruire à partir des seuls coefficients d'ondelettes associés à cette ou ces portion(s), qu'il aura préalablement décodés, une représentation correspondante de la ou des portion(s) de l'image. Un tel terminal diffère donc des terminaux de l'art antérieur en ce qu'il ne décode plus l'ensemble d'un flux de données global pour pouvoir sélectionner

les coefficients d'ondelettes associés à une portion de l'image, et reconstruire une représentation de cette portion.

L'invention concerne également un serveur comprenant des moyens de stockage d'au moins une image codée selon le procédé de codage décrit
5 précédemment et des moyens de transmission mettant en œuvre le procédé de transmission décrit ci-dessus.

L'invention concerne enfin un dispositif de codage d'une image associée à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales
10 dudit maillage de base, ledit dispositif générant un flux de données global permettant de reconstruire ladite image, partitionnant lesdits coefficients d'ondelettes en au moins deux sous-ensembles disjoints, et appliquant un codage indépendant à chacun desdits sous-ensembles, et comprenant des moyens
15 d'insertion, dans ledit flux de données global, de données de localisation permettant de repérer des coefficients d'ondelettes relatifs à une portion de ladite image dans ledit flux de données global, de façon à permettre une reconstruction sélective de ladite portion à l'aide des coefficients d'au moins un desdits sous-ensembles.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus
20 clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation préférentiel, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, parmi lesquels :

- la figure 1 présente un synoptique des différentes étapes mises en œuvre lors du codage d'un objet ou d'une image selon l'invention ;
- 25 - la figure 2 illustre un exemple de structure d'un flux de données généré lors du codage présenté en figure 1, et comprenant des données de localisation, selon une première variante de l'invention ;
- la figure 3 détaille la structure du flux de données de la figure 2, lorsque les données de localisation sont indicatives d'une distance au sein du flux ;
- 30 - la figure 4 décrit un exemple de structure d'un flux de données généré lors

du codage d'un objet ou d'une image, et comprenant des données de localisation réparties au sein du flux, selon une deuxième variante de l'invention ;

- la figure 5 présente un synoptique des différentes étapes mises en œuvre par un serveur de transmission du flux de données des figures 2 à 4, sur réception d'une requête d'un terminal client.

Le principe général de l'invention repose sur l'insertion de données de localisation au sein d'un flux de données généré lors du codage par ondelettes d'un objet ou d'une image, de façon à permettre une sélection et une transmission sélective des coefficients en fonction de la zone de l'objet à laquelle ils sont associés.

On présente, en relation avec la figure 1, un mode de réalisation particulier du procédé de codage de l'invention.

On considère ici le cas d'un objet ou d'une image codé(e) selon une méthode dite par "ondelettes". On rappelle que, selon une telle méthode, on associe à l'objet ou à l'image un maillage de base, et une pluralité de coefficients d'ondelettes, correspondant aux raffinements à apporter au maillage de base pour reconstruire une représentation de l'objet. Chaque nœud du maillage de base est donc associé à un coefficient d'ondelette.

On suppose que les étapes de construction du maillage de base et de détermination des coefficients d'ondelettes associés ont déjà été mises en œuvre par un dispositif de codage, qui dispose donc d'une liste de coefficients d'ondelettes associés à l'objet ou à l'image à coder. On rappelle qu'un coefficient d'ondelette est un triplet de réels (x, y, z) , accompagné d'une information I de localisation spatiale et fréquentielle, permettant de savoir à quelle ondelette un coefficient est associé. Cette information I peut par exemple être un quadruplet $(F0, a, b, c)$, où $F0$ représente une facette du maillage de base, et (a, b, c) représentent des coordonnées barycentriques sur cette face.

Au cours d'une étape référencée 20, le dispositif de codage effectue une partition de l'ensemble des coefficients d'ondelettes associés à l'objet ou à l'image

à coder, en sous-ensembles M_1, M_2, \dots, M_N . Ces sous-ensembles sont préférentiellement disjoints. Ils peuvent être construits en fonction, par exemple, de critères visuels. Ils comprennent chacun les coefficients d'ondelettes permettant de reconstruire une représentation d'une portion de l'image ou de l'objet à coder.

- 5 Par exemple, si l'image à coder est un personnage, on peut envisager de partitionner la liste de coefficients d'ondelettes en cinq sous-ensembles correspondant respectivement au visage, à chacun des membres, et au buste du personnage.

- 10 Au cours d'une étape référencée 21, le dispositif de codage définit, sur chaque sous-ensemble M_i , une hiérarchie arbitraire en déterminant des liens de filiation entre les différents sommets du sous-ensemble, le cas échéant. Bien sûr, il n'y a pas forcément de filiation entre deux sommets d'un même sous-ensemble, qui peuvent être des sommets frères.

- 15 Le dispositif de codage effectue ensuite (22) un codage indépendant des coefficients d'ondelettes de chacun des sous-ensembles M_i , pour i variant de 1 à N . Un tel codage est par exemple un codage de type "zero-tree", et permet de compresser la représentation des coefficients d'ondelettes, et donc des nœuds du maillage associés, de chacun des sous-ensembles M_i .

- 20 Au cours d'une étape référencée 23, le dispositif de codage génère un flux de données global, comprenant, d'une part, le résultat du codage (par exemple de type "zero-tree") de chacun des sous-ensembles M_i , et d'autre part, des données de localisation permettant de déterminer la position de chacun des sous-ensembles M_i dans le flux.

- 25 La structure d'un tel flux permet d'obtenir une grande souplesse d'envoi d'un ou plusieurs sous-ensembles M_i vers un terminal de visualisation, en fonction d'une requête d'un client.

On présente, en relation avec la figure 2, un mode de réalisation d'un flux de données 1, généré selon le procédé de la figure 1.

- 30 Par souci de simplification, on se limite, dans toute la suite du document, au cas où chacun des sous-ensembles M_i comprend les coefficients d'ondelettes

associés à une facette de base de l'objet. Il sera bien sûr aisé, pour un Homme du Métier, de généraliser la description ci-dessous au cas où un sous-ensemble M_i comprend les coefficients d'ondelettes associés à une pluralité de facettes de base, ou à une pluralité de nœuds du maillage de base.

5 On suppose ici, et dans toute la suite du document, que les facettes du maillage de base sont ordonnées selon un ordre croissant. Par exemple, on choisit arbitrairement une facette de départ, et l'on choisit un ordre de parcours de l'ensemble des facettes de base (par exemple dans le sens trigonométrique, ou anti-trigonométrique), de façon que la facette de départ soit considérée comme la
10 première facette, et ainsi de suite jusqu'à la dernière facette du maillage de base parcourue selon l'ordre de parcours, qui devient la $M^{\text{ième}}$ facette de base.

Selon l'invention, un flux de données 1 est généré par un dispositif de codage lors du codage par ondelettes d'un objet, par exemple tridimensionnel. Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, le flux de données 1
15 comprend un en-tête 10, et une zone de coefficients d'ondelettes 11.

La zone de coefficients d'ondelettes 11 est préférentiellement divisée en une pluralité de sous-zones (non représentées sur la figure 1), regroupant chacune les coefficients d'ondelettes associés à une facette du maillage de base de l'objet. Comme rappelé précédemment, un coefficient d'ondelette est un triplet de réels (x, y, z), accompagné d'une information I de localisation spatiale et fréquentielle,
20 permettant de savoir à quelle ondelette un coefficient est associé. Cette information I peut par exemple être un quadruplet (F0, a, b, c), où F0 représente une facette du maillage de base, et (a, b, c) représentent des coordonnées barycentriques sur cette face.

25 Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, chaque sous-zone comprend le codage "zero-tree" des coefficients d'ondelettes associés à une facette de base. Ainsi, on effectue une partition des coefficients d'ondelettes suivant la facette F0 à laquelle ils sont associés, et on effectue autant de codages "zero-tree" qu'il existe de partitions. (On rappelle que, dans un autre mode de réalisation de
30 l'invention décrit en relation avec la figure 1, on effectue une partition des

coefficients en une pluralité de sous-ensembles M_i , un même sous-ensemble pouvant regrouper plusieurs facettes de base F_0 , et on effectue un codage "zero-tree" indépendant pour chacun des sous-ensembles M_i . Chaque sous-zone comprend alors le codage "zero-tree" des coefficients d'ondelettes associés à un sous-ensemble M_i). On peut bien sûr également envisager d'utiliser toute autre technique de codage permettant une compression et une transmission satisfaisantes des coefficients d'ondelettes. On utilisera préférentiellement une technique de codage permettant un codage spécifique des parties non significatives de l'objet ou de l'image considéré(e).

10 L'en-tête 10 comprend les données de localisation, permettant de repérer chacune des sous-zones au sein de la zone de coefficients d'ondelettes 11. Elle comprend en outre des informations relatives au type de codage mis en œuvre, telles que des informations sur le type de fonctions d'ondelettes utilisées, le nombre de coefficients d'ondelettes, les caractéristiques du maillage de base
15 (nombre de facettes de base, ...), ou encore le niveau maximum de subdivision du maillage de base.

Dans l'exemple de réalisation particulier présenté en relation avec la figure 3, la zone des coefficients d'ondelettes 11 est divisée en une pluralité de sous-zones référencées 111 à 113. Ainsi la sous-zone référencée 111 est la "sous-zone
20 1" associée à la première facette du maillage de base, la sous-zone référencée 112 est associée à la deuxième facette de base, et la sous-zone référencée 113 est associée à la $M^{i\text{ème}}$ facette de base. On notera bien sûr que, par souci de simplification de la figure, toutes les sous-zones n'ont pas été représentées.

L'en-tête 10 comprend un préambule 101, et une pluralité de données de
25 localisation référencées 102 à 104. Le préambule 101 comprend par exemple des données relatives au type de maillage et au type d'ondelettes utilisées, mentionnées ci-dessus.

La zone référencée 102, intitulée "décalage 1", renseigne sur la position des coefficients d'ondelettes associés à la première facette de base dans le flux

binaire 1, c'est-à-dire qu'elle renseigne par exemple sur la distance séparant la fin du préambule 101 et le début de la "sous-zone 1" référencée 111.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, une telle distance est exprimée en nombre de bits. Dans un autre mode de réalisation de l'invention, la zone de données de localisation référencée 102 peut bien sûr également renseigner sur la distance séparant le début de la "sous zone 1" référencée 111 de tout autre élément de référence du flux de données 1, de façon à permettre la localisation des coefficients d'ondelettes de la "sous zone 1" 111 dans le flux binaire 1.

Sur la figure 3, la zone "décalage 2" 103 (respectivement la zone "décalage M" 104) renseigne sur le nombre de bits séparant le début de la "sous zone 2" 112 (respectivement de la "sous zone M" 113) et la fin du préambule 101.

Ainsi, lorsqu'un serveur, en réponse à une requête d'un terminal client, souhaite transmettre à ce dernier les coefficients d'ondelettes associés à la M^{ième} facette de base, il consulte les données de localisation "décalage M" 104 de l'en-tête 10. La zone "décalage M" 104 indique au serveur le nombre de bits séparant la fin du préambule 101 du début de la "sous-zone M" 113, et le serveur peut donc aller se positionner directement au début de la "sous-zone M" 113, de façon à extraire puis transmettre ces seuls coefficients au terminal client.

Le flux de données 1 de la figure 4 comprend un en-tête 10 et une zone de coefficients d'ondelettes 11, comprenant d'une part des sous zones de coefficients d'ondelettes référencées 111 à 113 et des zones de données de localisation référencées 120 à 123. Dans une telle variante de réalisation, les données de localisation référencées 120 à 123 sont donc réparties dans le flux de données 1, et non regroupées dans l'en-tête 10 comme précédemment.

Les données de localisation 120 à 123 sont par exemple des marqueurs indiquant le début et/ou la fin d'une sous-zone de coefficients d'ondelettes. Ainsi, la zone "marque 1" référencée 120 indique le début de la "sous-zone 1" 111, comprenant les coefficients d'ondelettes associés à la première facette du maillage de base. La zone "marque 2" référencée 121 marque le début de la "sous-zone 2"

référéncée 112, et la "marque M" référéncée 123 marque le début de la "sous-zone M" référéncée 113.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention, les informations contenues dans les zones "marque 1" 120, "marque 2" 121 et ainsi de suite jusqu'à "marque M" 123 sont identiques. En d'autres termes, une pluralité de marqueurs identiques est insérée dans la zone de coefficients d'ondelettes 11 du flux de données 1, de façon à séparer les différentes sous-zones associées chacune à une facette du maillage de base. Ainsi, lorsqu'un serveur souhaite envoyer les coefficients d'ondelettes associés à la "sous-zone M" 113 à un terminal de visualisation, il parcourt l'ensemble du flux 1, et compte les marqueurs qu'il rencontre, de façon à déterminer quel est le M^{ième} marqueur 123, et donc déterminer où commence la "sous-zone M" 113, comprenant le codage "zero-tree" des coefficients d'ondelettes associés à la M^{ième} facette de base. Ainsi, le terminal client ne reçoit que les coefficients d'ondelettes de la "sous-zone M" 113, et n'a pas besoin de décoder l'ensemble du flux 1 pour accéder aux coefficients d'ondelettes dont il a besoin.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, les marqueurs référencés 120 à 123 sont spécifiques d'une sous-zone donnée de la zone de coefficients d'ondelettes 11. Le marqueur "marque 1" 120 indique spécifiquement le début de la "sous-zone 1" 111, le marqueur "marque 2" 121 indique spécifiquement le début de la "sous-zone 2" 112, et ainsi de suite. (On peut bien sûr également envisager, par exemple, que les marqueurs référencés 120 à 123 indiquent la fin des sous-zones associées 111 à 113.)

Ainsi, un serveur souhaitant transmettre les coefficients de la "sous-zone M" 113 en réponse à une requête d'un client parcourt le flux de données 1, jusqu'à repérer le marqueur "marque M" 123, et en déduit la position du début de la "sous-zone M" 113.

On peut encore envisager tout autre mode de réalisation de l'invention, non illustré sur les figures 3 et 4, mais qui permette de construire un flux de données 1, dans lequel sont insérées des données de localisation permettant à un serveur de

déterminer la localisation d'une sous-zone de coefficients d'ondelettes associée à une facette de base, ou plus généralement à un sous-ensemble M_i regroupant une pluralité de nœuds ou de facettes de base, en vue de son extraction et de sa transmission sélective en réponse à une requête d'un client.

5 Par exemple, on peut envisager un mode de réalisation combinant les variantes de l'invention présentées en relation avec les figures 3 et 3, dans lequel les sous-zones référencées 111 à 113 seraient regroupées en ensembles de trois ou quatre sous-zones. Des données de localisation, insérées dans l'en-tête 10, 10
10 renseigneraient sur la distance entre un élément de référence (par exemple la fin du préambule 101) et le début d'un ensemble de sous-zones. Des marqueurs seraient insérés au sein d'un tel ensemble, de façon à indiquer le début et/ou la fin de chacune des sous-zones de l'ensemble.

15 Ainsi, grâce aux données de localisation situées dans l'en-tête 10, un serveur pourrait aller se positionner directement au début d'un ensemble de sous-
15 zones, puis parcourir cet ensemble, et déterminer, grâce aux marqueurs, la position de la ou des sous-zone(s) de l'ensemble qu'il doit transmettre en réponse à une requête d'un client.

20 On présente désormais, en relation avec la figure 5, les différentes étapes mises en œuvre par un serveur, ou par un terminal connecté à un support de
20 données, et chargé de transmettre les coefficients d'ondelettes associés à une zone du maillage de base, en réponse à une requête d'un client. Par souci de simplification, on décrira uniquement dans la suite le cas dans traitements mis en œuvre par un serveur en réponse à une requête d'un terminal de visualisation.
25 L'Homme du Métier en déduira aisément les traitements à effectuer lorsque les données d'image proviennent d'un support de données relié, directement ou indirectement, au terminal de visualisation.

 On suppose qu'un client souhaite observer un détail d'une scène qu'il visualise sur son terminal. Le terminal envoie donc vers le serveur une requête précisant la portion de la scène pour laquelle il souhaite obtenir les coefficients

d'ondelettes déterminant les raffinements à apporter au maillage de base pour obtenir une reconstruction satisfaisante de la portion.

5 Au cours d'une étape référencée 40, le serveur reçoit la requête du terminal client, et détermine les facettes du maillage de base concernées par la requête. Au cours d'une étape référencée 41, le serveur parcourt le flux de données généré en sortie d'un dispositif de codage de la scène, et analyse les données de localisation présentes dans ce flux. Par exemple, il consulte les données de localisation contenues dans l'en-tête du flux.

10 Au cours d'une étape référencée 42, il détermine la position des sous-zones de coefficients d'ondelettes associées à la portion de la scène considérée, en fonction des données de localisation qu'il a analysées précédemment. Après identification (42) des coefficients d'ondelettes relatifs à la portion d'image à visualiser, le serveur extrait (43) ces coefficients du flux de données global, de façon à former un flux réduit destiné au terminal client.

15 Au cours d'une étape référencée 44, le serveur transmet ce flux réduit au terminal de visualisation du client, de façon que ce dernier puisse reconstruire la portion de la scène que le client souhaite visualiser, sans avoir à décoder l'ensemble du flux de données global.

REVENDICATIONS

1. Procédé de codage d'un objet à au moins deux dimensions associé à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit
5 maillage de base,
ledit procédé délivrant un flux de données global permettant de reconstruire ledit objet,
caractérisé en ce que lesdits coefficients d'ondelettes sont partitionnés en au moins deux sous-ensembles disjoints subissant chacun un codage indépendant,
10 et en ce que ledit procédé insère, dans ledit flux de données global, des données de localisation permettant de repérer des coefficients d'ondelettes relatifs à une portion dudit objet dans ledit flux de données global,
de façon à permettre une reconstruction sélective de ladite portion à l'aide des coefficients d'au moins un desdits sous-ensembles.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que chacun desdits sous-ensembles est une facette de base.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ledit codage met en œuvre les étapes suivantes :
 - détection d'au moins une partie non significative ;
 - 20 - traitement spécifique de chacune desdites parties non-significatives.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit codage met en œuvre une technique de type "zero-tree".
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit flux de données global comprend un en-tête, comprenant au moins
25 certaines desdites données de localisation, et une zone de coefficients d'ondelettes, comprenant une sous-zone identifiée par lesdites données de localisation pour chacun desdits sous-ensembles.
6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que lesdites données de localisation contenues dans ledit en-tête identifient une sous-zone, en définissant

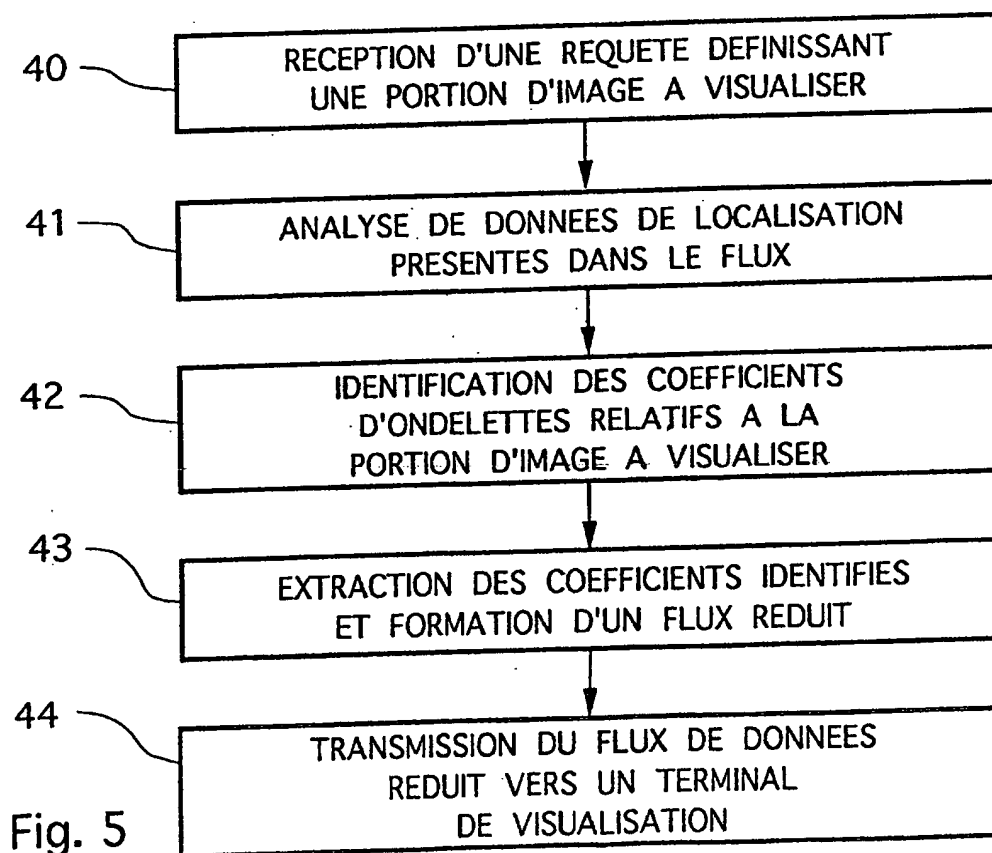
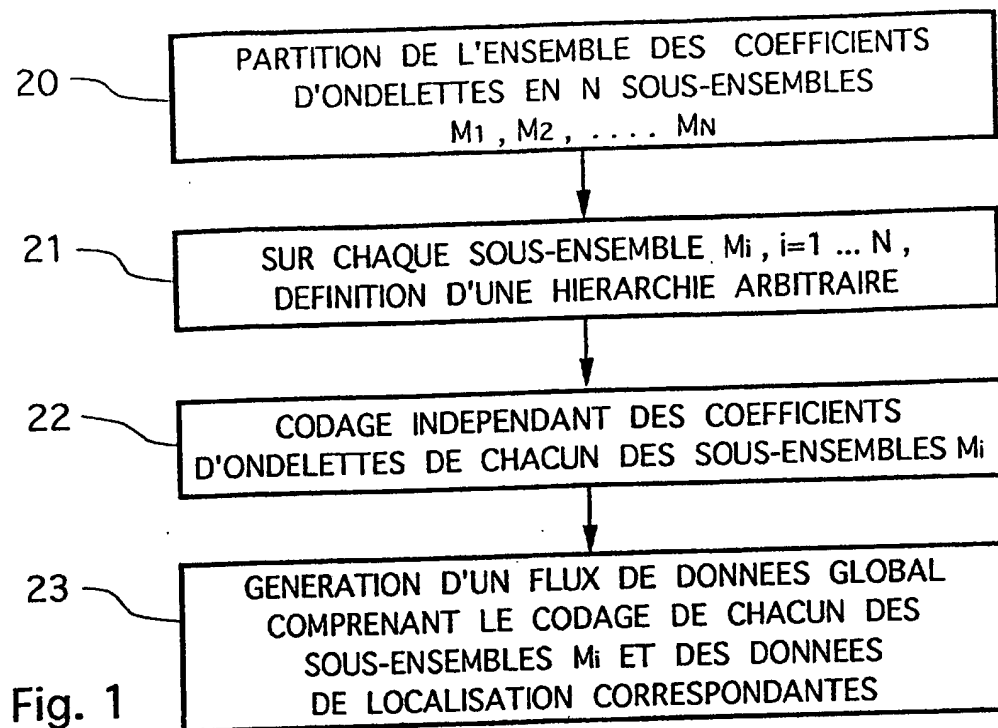
- une distance entre la position d'un élément repère et le début de ladite sous-zone dans ledit flux.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé en ce que ledit en-tête comprend en outre au moins certaines des informations appartenant au groupe comprenant :
- le nombre de facettes de base ;
 - le type d'ondelettes ;
 - des informations relatives audit objet ;
 - des informations relatives au codage desdites données de localisation.
- 10 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit flux de données global comprend au moins une zone de coefficients d'ondelettes, comprenant une sous-zone identifiée par lesdites données de localisation pour chacun desdits sous-ensembles, lesdites données de localisation comprenant au moins un marqueur au début et/ou
- 15 à la fin de chacune des sous-zones.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que lesdites sous-zones sont organisées dans ledit flux par ordre de facette de base croissant.
10. Procédé de transmission d'un flux de données, entre, d'une part, au moins
- 20 un serveur et/ou au moins un support de données, et, d'autre part, au moins un terminal de visualisation,
- ledit flux de données permettant de reconstruire un objet associé d'une part à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et d'autre part à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales
- 25 dudit maillage de base,
- caractérisé en ce qu'il comprend :
- une étape de réception d'une requête définissant une portion dudit objet à visualiser ;

- une étape d'analyse de données de localisation présentes dans ledit flux, en fonction de ladite requête, permettant d'identifier des coefficients d'ondelettes relatifs à ladite portion dans ledit flux de données ;
 - une étape d'extraction desdits coefficients d'ondelettes identifiés pour
5 former un flux de données réduit ;
 - une étape de transmission dudit flux de données réduit.
11. Signal représentatif d'un objet à au moins deux dimensions associé à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit
10 maillage de base,
- caractérisé en ce qu'il comprend au moins une zone de coefficients d'ondelettes et au moins une zone de localisation, comprenant des données de localisation permettant de repérer des coefficients d'ondelettes relatifs à une portion dudit objet dans ledit signal.
- 15 12. Signal selon la revendication 11, caractérisé en ce que, lesdits coefficients d'ondelettes étant partitionnés en au moins deux sous-ensembles disjoints subissant chacun un codage indépendant, il comprend un en-tête, comprenant au moins certaines desdites données de localisation, et une zone de coefficients d'ondelettes, comprenant une sous-zone identifiée par lesdites données de
20 localisation pour chacun desdits sous-ensembles.
13. Signal selon la revendication 11, caractérisé en ce que, lesdits coefficients d'ondelettes étant partitionnés en au moins deux sous-ensembles disjoints subissant chacun un codage indépendant, il comprend au moins une zone de coefficients d'ondelettes, comprenant une sous-zone identifiée par lesdites
25 données de localisation pour chacun desdits sous-ensembles, lesdites données de localisation comprenant au moins un marqueur au début et/ou à la fin de chacune des sous-zones.
14. Flux de données global enregistré sur un support utilisable dans un ordinateur et permettant de reconstruire un objet codé à au moins deux
30 dimensions, associé à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de

- base, et à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit maillage de base, caractérisé en ce que lesdits coefficients d'ondelettes sont partitionnés en au moins deux sous-ensembles disjoints subissant chacun un codage indépendant,
- 5 et en ce que, dans ledit flux de données global enregistré, sont insérées des données de localisation permettant de repérer des coefficients d'ondelettes relatifs à une portion dudit objet dans ledit flux de données global, de façon à permettre une reconstruction sélective de ladite portion à l'aide des coefficients d'au moins un desdits sous-ensembles.
- 10 15. Flux de données global selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il permet de reconstruire un objet à au moins deux dimensions codé selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 9.
16. Système de transmission d'un flux de données, entre, d'une part, au moins un serveur et/ou au moins un support de données, et, d'autre part, au moins un
- 15 terminal de visualisation, ledit flux de données permettant de reconstruire un objet à au moins deux dimensions associé d'une part à un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et d'autre part à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit maillage de base,
- 20 caractérisé en ce qu'il comprend :
- des moyens de réception d'une requête définissant une portion dudit objet à visualiser ;
 - des moyens d'analyse de données de localisation présentes dans ledit flux, en fonction de ladite requête, permettant d'identifier des coefficients d'ondelettes relatifs à ladite portion dans ledit flux de données ;
 - 25 - des moyens d'extraction desdits coefficients d'ondelettes identifiés pour former un flux de données réduit ;
 - des moyens de transmission dudit flux de données réduit.
17. Terminal de visualisation d'un objet à au moins deux dimensions associé à
- 30 un maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et à des

- coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit maillage de base,
- comprenant des moyens de réception d'un flux de données global permettant de reconstruire ledit objet,
- 5 caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de formulation d'une requête définissant une portion dudit objet à visualiser à destination d'un serveur et/ou d'un support de données, et des moyens de reconstruction de ladite portion à partir d'un flux de données réduit, comprenant des coefficients d'ondelettes relatifs à ladite portion, reçu dudit serveur et/ou dudit support de données.
- 10 18. Serveur comprenant des moyens de stockage d'au moins un objet à au moins deux dimensions codé selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 9 et des moyens de transmission mettant en œuvre le procédé de la revendication 10.
19. Dispositif de codage d'un objet à au moins deux dimensions associé à un
- 15 maillage de base constitué d'un ensemble de facettes de base, et à des coefficients dans une base d'ondelettes correspondant à des modifications locales dudit maillage de base,
- ledit dispositif générant un flux de données global permettant de reconstruire ledit objet,
- 20 caractérisé en ce qu'il partitionne lesdits coefficients d'ondelettes en au moins deux sous-ensembles disjoints,
- et en ce qu'il applique un codage indépendant à chacun desdits sous-ensembles,
- et en ce qu'il comprend des moyens d'insertion, dans ledit flux de données global, de données de localisation permettant de repérer des coefficients d'ondelettes
- 25 relatifs à une portion dudit objet dans ledit flux de données global,
- de façon à permettre une reconstruction sélective de ladite portion à l'aide des coefficients d'au moins un desdits sous-ensembles.

1/2



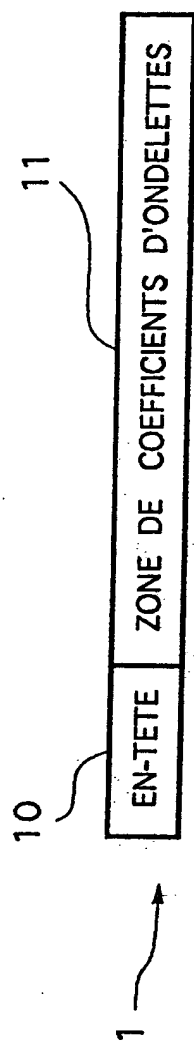


Fig. 2

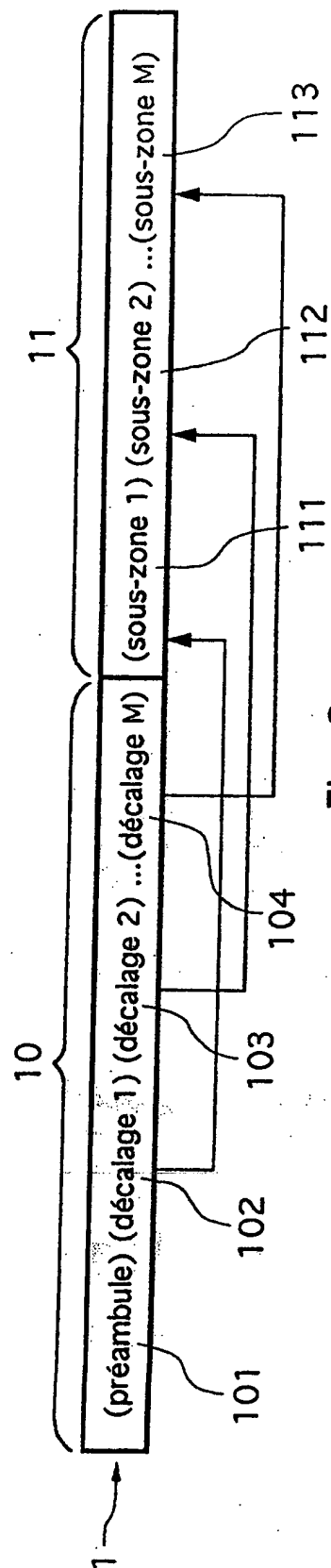


Fig. 3

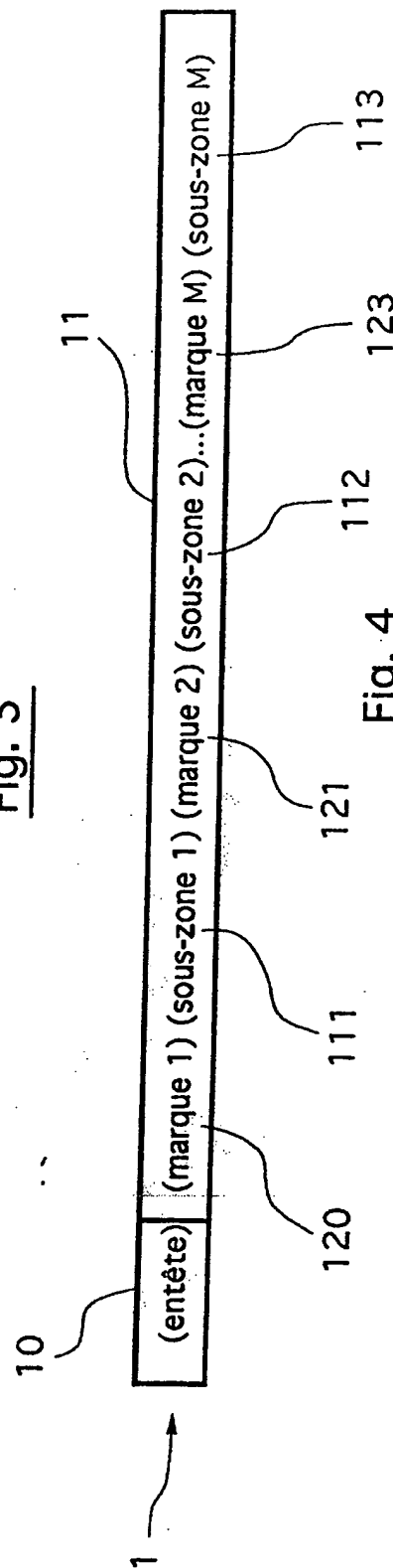


Fig. 4

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

Après l'accomplissement de la procédure prévue par les textes rappelés ci-dessus, le brevet est délivré. L'Institut National de la Propriété Industrielle n'est pas habilité, sauf dans le cas d'absence manifeste de nouveauté, à en refuser la délivrance. La validité d'un brevet relève exclusivement de l'appréciation des tribunaux.

L'I.N.P.I. doit toutefois annexer à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention. Ce rapport porte sur les revendications figurant au brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- ☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- ☐ Le demandeur a maintenu les revendications.
- ☒ Le demandeur a modifié les revendications.
- ☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- ☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- ☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- ☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- ☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.